

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-084439

(43)Date of publication of application : 26.03.1999

(51)Int.Cl.

G02F 1/35  
G02F 1/31  
H04J 14/00  
H04J 14/04  
H04J 14/06  
H04J 14/08  
H04J 3/00

(21)Application number : 10-199298

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 14.07.1998

(72)Inventor : UCHIYAMA KENTARO  
KAWANISHI SATOKI  
SARUWATARI MASATOSHI

(30)Priority

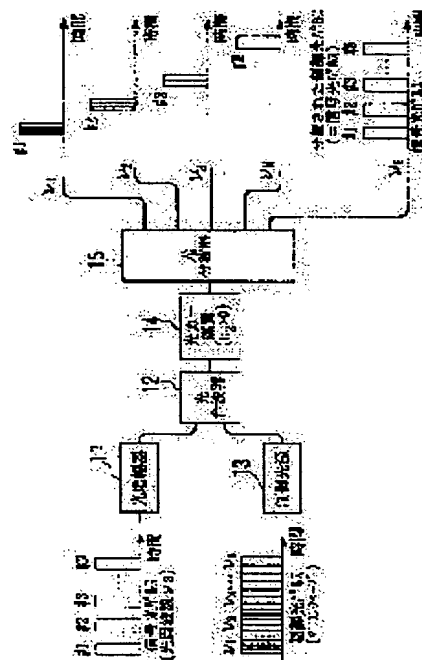
Priority number : 09194218 Priority date : 18.07.1997 Priority country : JP

## (54) FULLY OPTICAL TIME-DIVISION OPTICAL PULSE SEPARATION CIRCUIT AND FULLY OPTICALLY TDM-WDM CONVERSION CIRCUIT

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make it possible to collectively output the all channels of a time-division multiplex signal optical pulse train to respective different output ports by modulating light intensity, demultiplexing the control optical pulses of the optical frequencies corresponding to respective lower order group signal channels and outputting these pulses to the respective ports corresponding to the respective optical frequencies.

**SOLUTION:** The lower order group signal channels #1 to #N of a time-division multiplex signal optical pulse train and the parts having optical frequencies  $\nu_1$  to  $\nu_N$  of a control optical pulse are so synthesized as to overlap on the time base in an optical synthesizer 12 and are introduced to an optical Kerr medium 14. The control pulses are subjected to an optical frequency shift by the mutual phase modulation of the time-division multiplex signal optical pulse train. The optical spectral components centering at the optical frequencies  $\nu_1$  to  $\nu_N$  of the control optical pulses are respectively subjected to intensity modulation by the lower order group signal channels #1 to #N. The control optical pulses past the optical Kerr medium 14 are inputted to an optical demultiplexer 15 and are demultiplexed near the optical frequencies  $\nu_1$  to  $\nu_N$ . The demultiplexed pulses are separated and outputted to respective corresponding output ports.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3445159

[Date of registration] 27.06.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-84439

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月26日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 2 F 1/35

G 0 2 F 1/35

1/31

1/31

H 0 4 J 14/00

H 0 4 J 3/00

Q

14/04

H 0 4 B 9/00

F

14/06

D

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 25 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-199298

(71) 出願人 000004226

(22) 出願日 平成10年(1998) 7月14日

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(31) 優先権主張番号 特願平9-194218

(72) 発明者 内山 健太郎

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

(32) 優先日 平9(1997) 7月18日

電信電話株式会社内

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(72) 発明者 川西 悟基

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(72) 発明者 猿渡 正俊

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

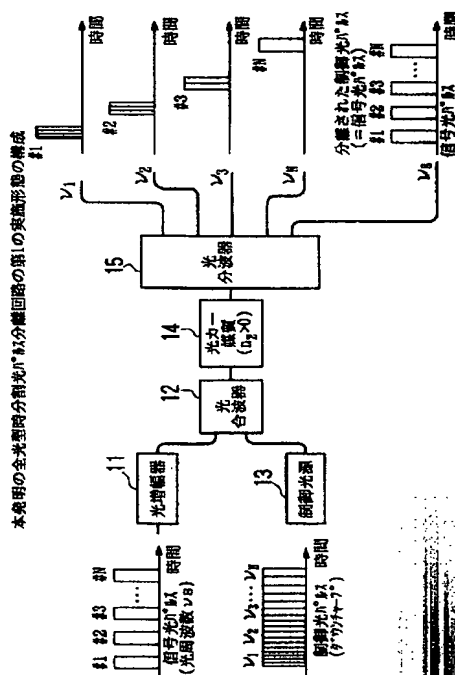
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武

(54) 【発明の名称】 全光型時分割光パルス分離回路および全光型TDM-WDM変換回路

(57) 【要約】

【課題】 時分割多重信号光パルス列の全チャンネルをそれぞれ異なる出力ポートに一括して出力する。

【解決手段】 時分割多重信号光パルス列と、各低次群信号チャンネルに同期し光周波数が時間的に単調に変化するチャーピングを有する制御光パルスとを合波して光カー媒質に入力する。光カー媒質では、時分割多重光パルス列の各低次群信号チャンネルの信号光パルスの有無に応じて制御光パルスに時間軸上で局所的に相互位相変調を与え、制御光パルスのチャーピングを光周波数軸方向に補償する光周波数シフトを誘起することにより、各低次群信号チャンネルに対応する制御光パルスの光周波数 $\nu_1$ ,  $\nu_2, \dots, \nu_N$ 成分の光強度を変調する。この光強度が変調され、各低次群信号チャンネルに対応する光周波数 $\nu_1$ ,  $\nu_2, \dots, \nu_N$ の制御光パルスを分波し、各光周波数対応のポートに出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 N 個（N は 2 以上の整数）の低次群信号チャンネルを時分割多重した光周波数  $\nu_s$  の時分割多重信号光パルス列を入力し、所定の光強度に調整して出力する光強度調整手段と、

前記時分割多重信号光パルス列の低次群信号チャンネルに同期し、前記光周波数  $\nu_s$  と異なる光周波数で時間的に単調に変化するチャーピングを有し、かつ N 個の低次群信号チャンネルを含む時間幅を有し、さらに低次群信号チャンネルと等しい繰り返しを有する制御光パルスを発生する制御光源と、

前記光強度調整手段で光強度が調整された時分割多重信号光パルス列と、前記制御光パルスを合波する光合波手段と、

前記光合波手段の出力光を入力し、前記時分割多重信号光パルス列の各低次群信号チャンネルの信号光パルスの有無に応じて前記制御光パルスに時間軸上で局所的に相互位相変調を与え、前記制御光パルスのチャーピングを光周波数軸方向に補償する光周波数シフトを誘起することにより、前記各低次群信号チャンネルに対応する制御光パルスの光周波数  $\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_N$  成分の光強度を変調する光カー媒質と、

前記光カー媒質を伝搬した光から、前記時分割多重信号光パルス列の低次群信号チャンネルに対応する光周波数  $\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_N$  の制御光パルスを分波し、かつ各光周波数対応のポートに出力する光分波手段とを備えたことを特徴とする全光型時分割光パルス分離回路。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の全光型時分割光パルス分離回路において、

前記光強度調整手段は、光カー媒質中で時分割多重信号光パルス列が制御光パルスに相互位相変調を与えるのに十分な光強度になるように時分割多重信号光パルス列を増幅する光増幅手段であることを特徴とする全光型時分割光パルス分離回路。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の全光型時分割光パルス分離回路において、

光カー媒質は正の非線形屈折率を有し、制御光パルスは光周波数がパルスの先端部から後端部へ単調に減少するダウンチャープを有することを特徴とする全光型時分割光パルス分離回路。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の全光型時分割光パルス分離回路において、

光カー媒質は負の非線形屈折率を有し、制御光パルスは光周波数がパルスの先端部から後端部へ単調に増大するアップチャープを有することを特徴とする全光型時分割光パルス分離回路。

【請求項 5】 請求項 1 に記載の全光型時分割光パルス分離回路において、

光カー媒質は複屈折性を有し、その 2 つの直交する主軸間の偏波分散を補償する偏波分散補償手段を含み、制御

光は前記複屈折性を有する光カー媒質の 2 つの直交する主軸方向の偏波成分が同じ強度となる偏波を有することを特徴とする全光型時分割光パルス分離回路。

【請求項 6】 N 個（N は 2 以上の整数）の低次群信号チャンネルを時分割多重した光周波数  $\nu_s$  の時分割多重信号光パルス列を入力し、所定の光強度に調整して出力する光強度調整手段と、

前記時分割多重信号光パルス列の低次群信号チャンネルに同期し、前記光周波数  $\nu_s$  と異なる光周波数で時間的に単調に変化するチャーピングを有し、かつ N 個の低次群信号チャンネルを含む時間幅を有し、さらに低次群信号チャンネルと等しい繰り返しを有する制御光パルスを発生する制御光源と、

前記光強度調整手段で光強度が調整された時分割多重信号光パルス列と、前記制御光パルスを合波する光合波手段と、

前記光合波手段の出力光を入力し、前記時分割多重信号光パルス列の各低次群信号チャンネルの信号光パルスの有無に応じて前記制御光パルスに時間軸上で局所的に相互位相変調を与え、前記制御光パルスのチャーピングを光周波数軸方向に補償する光周波数シフトを誘起することにより、前記各低次群信号チャンネルに対応する制御光パルスの光周波数  $\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_N$  成分の光強度を変調する光カー媒質と、

前記光カー媒質を伝搬した光から、前記光周波数  $\nu_s$  の時分割多重信号光パルス列と光周波数  $\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_N$  の制御光パルス列を分波し、この制御光パルス列を前記時分割多重信号光パルス列に代わる波長分割多重信号光パルス列として出力する光分波手段とを備えたことを特徴とする全光型 TDM-WDM 変換回路。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の全光型 TDM-WDM 変換回路において、

光強度調整手段は、光カー媒質中で時分割多重信号光パルス列が制御光パルスに相互位相変調を与えるのに十分な光強度になるように時分割多重信号光パルス列を増幅する光増幅手段であることを特徴とする全光型 TDM-WDM 変換回路。

【請求項 8】 請求項 6 に記載の全光型 TDM-WDM 変換回路において、

光カー媒質は正の非線形屈折率を有し、制御光パルスは光周波数がパルスの先端部から後端部へ単調に減少するダウンチャープを有することを特徴とする全光型 TDM-WDM 変換回路。

【請求項 9】 請求項 6 に記載の全光型 TDM-WDM 変換回路において、

光カー媒質は負の非線形屈折率を有し、制御光パルスは光周波数がパルスの先端部から後端部へ単調に増大するアップチャープを有することを特徴とする全光型 TDM-WDM 変換回路。

【請求項 10】 請求項 6 に記載の全光型 TDM-WD

M変換回路において、  
光カー媒質は複屈折性を有し、その2つの直交する主軸間の偏波分散を補償する偏波分散補償手段を含み、制御光は前記複屈折性を有する光カー媒質の2つの直交する主軸方向の偏波成分が同じ強度となる偏波を有することとを特徴とする全光型TDM-WDM変換回路。

【請求項11】 請求項5に記載の全光型時分割光パルス分離回路において、  
偏波分散補償手段は、2本の等長の複屈折を有する光カー媒質を互いの主軸が直交するように縦続接続した構成であることとを特徴とする全光型時分割光パルス分離回路。

【請求項12】 請求項10に記載の全光型TDM-WDM変換回路において、  
偏波分散補償手段は、2本の等長の複屈折を有する光カー媒質を互いの主軸が直交するように縦続接続した構成であることを特徴とする全光型TDM-WDM変換回路。

【請求項13】 請求項5に記載の全光型時分割光パルス分離回路において、  
偏波分散補償手段は、2本の等長の複屈折を有する光カー媒質を、間に $\lambda/2$ 板を挟んで縦続接続した構成であることを特徴とする全光型時分割光パルス分離回路。

【請求項14】 請求項10に記載の全光型TDM-WDM変換回路において、  
偏波分散補償手段は、2本の等長の複屈折を有する光カー媒質を、間に $\lambda/2$ 板を挟んで縦続接続した構成であることを特徴とする全光型TDM-WDM変換回路。

【請求項15】 請求項5に記載の全光型時分割光パルス分離回路において、  
偏波分散補償手段は、2本の等長の複屈折を有する光カー媒質を、間に90度ファラデー回転子を挟んで縦続接続した構成であることを特徴とする全光型時分割光パルス分離回路。

【請求項16】 請求項10に記載の全光型TDM-WDM変換回路において、  
偏波分散補償手段は、2本の等長の複屈折を有する光カー媒質を、間に90度ファラデー回転子を挟んで縦続接続した構成であることを特徴とする全光型TDM-WDM変換回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、時分割多重信号光パルス列を時間軸上で分離し、各低次群信号チャンネルをそれぞれ異なる出力ポートに一括して出力するマルチチャンネル出力型の全光型時分割光パルス分離回路に関する。

【0002】また、本発明は、伝送路から入力された時分割多重信号光パルス列の各低次群信号チャンネルに異なる波長を割り当て、波長分割多重信号光パルス列に変換

して伝送路へ送出する全光型TDM-WDM変換回路に関する。

【0003】

【従来の技術】図18は、従来の全光型時分割光パルス分離回路の第1の構成例を示す（特開平4-19718号公報（特願平2-125176）の第5図、第6図）。本構成は、光カー媒質に時分割多重された信号光パルスと制御光パルスを入力し、信号光パルスが制御光パルスから相互位相変調を受けてその中心周波数が変化することを利用し、各低次群信号チャンネル対応に分波するものである。

【0004】図において、時分割多重された光周波数 $\nu_s$ の信号光パルス $P_1, P_2, P_3, P_4$ は光合波器1に入力され、光周波数 $\nu_c$ の制御光パルス $P_c$ と合波されて正の非線形屈折率を有する光カー媒質3に導かれる。光カー媒質3では、信号光パルスが制御光パルスから受ける相互位相変調によりその中心周波数が変化する。この様子を図19に示す。

【0005】正の非線形屈折率を有する光カー媒質3では、制御光パルスの相互位相変調により信号光パルスに位相変化4が誘起される。この位相変化4は、制御光パルスの強度波形に比例しており、その時間微分で与えられる光周波数シフト5が信号光パルスにもたらされる。ここで、時間に対して光周波数がほぼ線形に増加するいわゆるアップチャープとなる領域（制御光波形の中心部、図19において網掛けで示した領域）を利用すると、信号光パルス $P_1, P_2, P_3, P_4$ の光周波数は $\nu_s$ からそれぞれ互いに異なる $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \nu_4$ に変換される。

【0006】このようにして光周波数が変化した信号光パルス $P_1, P_2, P_3, P_4$ は、光分波器2で各光周波数ごとに分離することができる。すなわち、時分割多重信号光を低次群信号チャンネルに分離し、かつそれぞれ異なる出力ポートに一括して出力する全光型時分割光パルス分離回路が構成される。

【0007】図20は、従来の全光型時分割光パルス分離回路の第2の構成例を示す（特開平9-15661号公報（特願平7-160678）の図1、図3）。本構成は、光カー媒質を用いた非線形ループミラー（サニャック干渉計）に時分割多重された信号光パルスとチャープを有する制御光パルスを入力し、光カー媒質で信号光パルスから相互位相変調による位相シフトを受けて出力される制御光パルスを、各低次群信号チャンネル対応に分波するものである。

【0008】図において、光結合器6の入力ポート6Aには制御光源7が接続され、出力ポート6C、6Dは光合波器1および光カー媒質3を介してループ状に結合され、入力ポート6Bには光分波器2が接続される。

【0009】時分割多重された光周波数 $\nu_s$ の信号光パルス $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ は、光増幅器8を介して光合波器1に入力される。制御光源7は、光周波数が時間的

にはほぼ線形に変化するチャープングを有し、かつ信号光パルス $P_1, P_2, P_3, \dots, P_N$ を含む時間幅を有する制御光パルス $P_c$ を発生する。この制御光パルス $P_c$ は、光結合器6の入力ポート6Aに入力されて2等分され、出力ポート6C, 6Dからループ中を両方向に右回り成分と左回り成分となって伝搬する。一方、光合波器1からループ中に入力された信号光パルスは右回りに伝搬する。このとき、光カー媒質3では、信号光パルスと重なって伝搬する右回りの制御光パルスの位相が信号光パルスの相互位相変調によって変化する。したがって、光結合器6で再び右回りと左回りの制御光パルスが合波されたときに、信号光パルスと重なった制御光パルスは相対的な位相差が $\pi$ となり、入力ポート6Bから出力される。

【0010】このようにして、信号光パルス $P_1, P_2, P_3, \dots, P_N$ に対応する制御光パルス $P_{c1}, P_{c2}, P_{c3}, \dots, P_{cN}$ がスイッチされる。この制御光パルス $P_{c1}, P_{c2}, P_{c3}, \dots, P_{cN}$ は、光周波数が $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \dots, \nu_N$ の順にシフトしており、光分波器2で各光周波数ごとに分離することができる。すなわち、時分割多重信号光を低次群信号チャンネルに分離し、かつそれぞれ異なる出力ポートに一括して出力する全光型時分割光パルス分離回路が構成される。

【0011】図21は、従来の全光型時分割光パルス分離回路の第3の構成例を示す(特開平8-110534号公報(特願平7-208258、優先権主張番号:特願平6-191645)の図6、図7)。本構成は、非線形光学媒質に時分割多重された信号光パルスとチャープングを有する制御光パルスを入力し、その四光波混合によって生じる各低次群信号チャンネル対応の光パルスを分波するものである。

【0012】図において、時分割多重された光周波数 $\nu_s$ の信号光パルス $P_1, P_2, P_3, \dots, P_N$ は光合波器1に入力される。制御光源7は、光周波数が時間的にほぼ単調に変化するチャープングを有し、かつ信号光パルス $P_1, P_2, P_3, \dots, P_N$ を含む時間幅を有する制御光パルス $P_c$ を発生する。この信号光パルス $P_1, P_2, P_3, \dots, P_N$ と制御光パルス $P_c$ は光合波器1で合波されて非線形光学媒質9に導かれる。

【0013】光周波数 $\nu_s$ の信号光パルス $P_1, P_2, P_3, \dots, P_N$ に同期する制御光パルス $P_c$ の光周波数成分を $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \dots, \nu_N$ とする。このとき、非線形光学媒質9では、各チャンネルの信号光パルスがそれぞれ異なる光周波数の制御光パルスと4光波混合効果を誘起し、光周波数 $\nu_{F1}(=2\nu_s-\nu_1)$ の変換光パルス $F_1$ 、または光周波数 $\nu_{F1}'(=2\nu_1-\nu_s)$ の変換光パルス $F_1'$ を発生させる( $i=1, 2, 3, \dots, N$ )。

【0014】このようにして、信号光パルス $P_1, P_2, P_3, \dots, P_N$ に対応する変換光パルス $F_1, F_2, F_3, \dots, F_N$ または $F_1', F_2', F_3', \dots, F_N'$ が生成され、光分波

器2で各光周波数ごとに分離することができる。すなわち、時分割多重信号光を低次群信号チャンネルに分離し、かつそれぞれ異なる出力ポートに一括して出力する全光型時分割光パルス分離回路が構成される。

【0015】なお、以上示した従来の全光型時分割光パルス分離回路の第1の構成例および第3の構成例は、特開平8-307391号公報(特願平7-129633)にもそれぞれ従来例(図6)および発明の構成(図1, 2)として示されている。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】従来の全光型時分割光パルス分離回路の第1の構成例(図18, 19)では、制御光パルスの中心部分、すなわち時間に対して信号光パルスの光周波数がほぼ単調に増加する時間領域しか使用できないので、その時間領域を越えて時分割多重された信号光パルスの分離はできない。また、パルス幅の大きな制御光パルスを用いて大きな光周波数シフトを得ようとするため、数Wから十数Wという非常に大きな制御光パワーを必要とした(Electron. Lett., vol.28, pp. 1070-1071, 1992)。さらに、分離される光パルスは、信号光パルスの光周波数をシフトさせたものであり、元の光周波数の信号光パルスは出力されない。

【0017】従来の全光型時分割光パルス分離回路の第2の構成例(図20)は、非線形ループミラー(サニャック干渉計)を構成する必要があり、信号光パルスおよび制御光パルスが光カー媒質を一方に通過する他の従来構成に比べて複雑であった。

【0018】従来の全光型時分割光パルス分離回路の第3の構成例(図21)は、信号光パルスと制御光パルスから生成される四光波混合光を出力光とするので、四光波混合光発生効率に起因する波長変換損を伴い、挿入損失が大きくなる問題がある。また、四光波混合光の帯域が信号光パルスおよび制御光パルスの帯域から大きくシフトするので、時分割光パルス分離動作のために広い光帯域幅を必要とする問題がある。

【0019】本発明は、簡単な構成で、さらに小さな制御光パワーで効率よく、また光帯域幅を広げることなく、時分割多重信号光パルス列の全チャンネルをそれぞれ異なる出力ポートに一括して出力することができる全光型時分割光パルス分離回路、および時分割多重信号光パルス列を波長分割多重信号光パルス列に変換する全光型TDM-WDM変換回路を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明の全光型時分割光パルス分離回路は、N個(Nは2以上の整数)の低次群信号チャンネルを時分割多重した光周波数 $\nu_s$ の時分割多重信号光パルス列と、時分割多重信号光パルス列の低次群信号チャンネルに同期し、光周波数 $\nu_s$ と異なる光周波数で時間的に単調に変化するチャープングを有し、かつN個の低次群信号チャンネルを含む時間幅を有し、さらに

10

20

30

40

50

低次群信号チャネルと等しい繰り返しを有する制御光パルスとを合波して光カー媒質に入力する。

【0021】光カー媒質では、時分割多重信号光パルス列の各低次群信号チャネルの信号光パルスの有無に応じて制御光パルスに時間軸上で局所的に相互位相変調を与え、制御光パルスのチャーピングを光周波数軸方向に補償する光周波数シフトを誘起することにより、各低次群信号チャネルに対応する制御光パルスの光周波数 $\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_n$ 成分の光強度を変調する。この光強度が変調され、各低次群信号チャネルに対応する光周波数 $\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_n$ の制御光パルスを分波し、各光周波数対応のポートに出力する。

【0022】ここで、光カー媒質に入力される時分割多重信号光パルス列は、光カー媒質中で制御光パルスに相互位相変調を与えるのに十分な光強度になるように増幅される（請求項2）。光カー媒質において、信号光パルスの有無により制御光パルスに相互位相変調を与え、制御光パルスのチャーピングを光周波数軸方向に補償する周波数シフトを誘起することにより、制御光パルスの光強度が変調される原理について以下に説明する。なお、以下の説明では、光カー媒質は正の非線形屈折率を有する（請求項3）。

【0023】図2に示すように、信号光パルスはガウシアン型の時間強度波形を有し、制御光パルスは矩形の時間強度波形を有するとする。また、制御光パルスは、光周波数がパルスの先端部（ $\nu_L$ ）から後端部（ $\nu_T$ ）へ単調に減少するダウンチャープ（ $\nu_L > \nu_T$ ）を有するとする。また、信号光パルスがピークを示す時間 $t_0$ における制御光パルスの光周波数は $\nu_0$ とする。

【0024】このとき、制御光パルスは、図3(a)に示す信号光パルスによる相互位相変調により、図3(b)に示すように光周波数シフトを受ける。すなわち、信号光パルスの中心部（図3(b)に網掛けで示した領域）において、制御光パルスは時間に対して光周波数がほぼ線形に増加する光周波数変化（アップチャープ）を受ける。これにより、制御光パルスが有するダウンチャープは、信号光パルスから受けるアップチャープにより光周波数軸方向に補償され、結果として信号光パルスの中心と時間的に重なる光周波数 $\nu_0$ 。前後の光周波数成分が $\nu_0$ へ変換され、 $\nu_0$ 近傍のスペクトル強度が増大する。この様子を図4(c),(d)に示す。

【0025】図4(a),(b)は、信号光パルスにより光周波数シフトを受けていない制御光パルスの時間分解分光スペクトルおよび光スペクトル強度分布を示す。図4(c),(d)は、信号光パルスにより光周波数シフトを受けた制御光パルスの時間分解分光スペクトルおよび光スペクトル強度分布を示す。

【0026】図4(b),(d)に示すように、制御光パルスの光周波数 $\nu_0$ 成分の強度は、信号光パルスの有無により $P_1$ または $P_0$ になる。したがって、制御光パルスを光

周波数 $\nu_0$ 近傍を透過させる光バンドパスフィルタで分波することにより、信号光パルスの有無により光強度が変調された光パルスを得ることができる。

【0027】図5は、5チャネルの信号光パルスが時分割多重された時分割多重信号光パルス列“11101”の時間強度波形と、対応する制御光パルスの時間強度波形を示す。ここで、制御光パルスは、時分割多重された信号光の1/5の繰り返しをもっている。各チャネル#1～#5の信号光パルスがピークを示す時間 $t_1 \sim t_5$ における制御光パルスの光周波数を $\nu_1 \sim \nu_5$ とする。

【0028】このとき、制御光パルスのスペクトル強度は、図6(a),(b)に示すように、時分割多重信号光パルス列の変調パターン“11101”に対応して変調される。したがって、チャネル#1～#5の各低次群信号チャネルは、それぞれ光周波数 $\nu_1 \sim \nu_5$ 近傍を透過させる光バンドパスフィルタで分波することにより、分離して取り出すことができる。

【0029】なお、以上の説明は、光カー媒質が正の非線形屈折率を有する場合であり、制御光パルスは光周波数がパルスの先端部から後端部へ単調に減少するダウンチャープを有する（請求項3）。一方、光カー媒質は負の非線形屈折率を有する場合には、制御光パルスは光周波数がパルスの先端部から後端部へ単調に増加するアップチャープを有するものを用いればよい（請求項4）。さらに、光カー媒質が、複屈折性を有するもの場合は、2つの直交する主軸間の偏波分散を補償する偏波分散補償手段を含んで、制御光は光カー媒質の2つの直交する主軸方向の偏波成分が同じ強度となる偏波を有する（請求項5）。

【0030】また、この偏波分散補償手段は2本の等長の複屈折を有する光カー媒質を互いの主軸が直交する縦続接続とすることができる（請求項11）。この例として、複屈折媒質60と複屈折媒質61を接続した場合を図24に示す。また、この縦続接続の間に $\lambda/2$ 板を挟むことができる（請求項13）。この例として、複屈折媒質60と複屈折媒質61の間に $\lambda/2$ 板を挟んだ場合を図25に示す。

【0031】あるいは、この縦続接続の間にファラデー回転子を挟むことができる（請求項15）。この例として、複屈折媒質60と複屈折媒質61の間に90度ファラデー回転子を挟んだ場合を図26に示す。これらによって、複屈折媒質60の速い軸と遅い軸を伝搬してきた光は、それぞれ複屈折媒質61の遅い軸と速い軸を伝搬することになり、複屈折媒質60および61を伝搬した後、両主軸間の伝搬遅延差すなわち偏波分散は0になる。

【0032】また、本発明の全光型時分割光パルス分離回路では、光周波数 $\nu_1 \sim \nu_5$ の光パルスを分波して各ポートに出力するが、本発明の全光型TDM-WDM変換回路は、各光周波数の光パルスを再度合波することによ

り、1つのポートに波長分割多重信号光パルス列として出力する（請求項6～9）。この全光型TDM-WDM変換回路において、同様に、光カー媒質が、複屈折性を有するもの場合は、2つの直交する主軸間の偏波分散を補償する偏波分散補償手段を含んで、制御光は光カー媒質の2つの直交する主軸方向の偏波成分が同じ強度となる偏波を有する（請求項10）。

【0033】また、この偏波分散補償手段は2本の等長の複屈折を有する光カー媒質を互いの主軸が直交する縦続接続とすることができる（請求項12）。この例として、複屈折媒質60と複屈折媒質61を接続した場合を図24に示す。また、この縦続接続の間に $\lambda/2$ 板を挟むことができる（請求項14）。この例として、複屈折媒質60と複屈折媒質61の間に $\lambda/2$ 板を挟んだ場合を図25に示す。あるいは、この縦続接続の間にファラデー回転子を挟むことができる（請求項16）。この例として、複屈折媒質60と複屈折媒質61の間に90度ファラデー回転子を挟んだ場合を図26に示す。これらによって、複屈折媒質60の速い軸と遅い軸を伝搬してきた光は、それぞれ複屈折媒質61の遅い軸と速い軸を伝搬することになり、複屈折媒質60および61を伝搬した後、両主軸間の伝搬遅延差すなわち偏波分散は0になる。

【0034】なお、図4(d)に示すように、光周波数 $\nu$ 。前後の光周波数成分が $\nu$ 。へ変換されるので、 $\nu$ 。前後の光周波数成分（ $\nu$ 。± $\delta$ ）も相対的に強度変調を受ける。すなわち、信号光パルスがあるときは、 $\nu$ 。近傍の光周波数成分が増大するのに対して、（ $\nu$ 。± $\delta$ ）近傍の光周波数成分は減少する。したがって、その強度変調成分を光周波数（ $\nu$ 。+ $\delta$ ）または（ $\nu$ 。- $\delta$ ）近傍を透過させる光バンドパスフィルタで分波することにより、入力された時分割多重信号光パルス列に対して論理反転した光パルス列を出力させることができる。特に、信号光パルス列と制御光パルスの繰り返し等しいときには、全光型論理反転回路として動作させることができる。

#### 【0035】

##### 【発明の実施の形態】

（全光型時分割光パルス分離回路の第1の実施形態）図1は、本発明の全光型時分割光パルス分離回路の第1の実施形態の構成を示す。

【0036】図において、チャンネル#1からチャンネル#Nの低次群信号チャンネルを時分割多重した光周波数 $\nu_s$ の時分割多重信号光パルス列は、光増幅器11を介して光合波器12に入力される。制御光源13は、時分割多重信号光パルス列の低次群信号チャンネルと等しい繰り返しを有し、光周波数がパルスの先端部から後端部へ単調に減少するダウンチャープ（ $\nu_1 > \nu_2 > \dots > \nu_N$ ）を有する制御光パルスを発生し、光合波器12に入力させる。

【0037】光合波器12では、時分割多重信号光パルス

ス列の各低次群信号チャンネル#1、#2、#3、…、#Nと、制御光パルスの光周波数 $\nu_1$ 、 $\nu_2$ 、 $\nu_3$ 、…、 $\nu_N$ を有する部分がそれぞれ時間軸上で重なるように合波して光カー媒質14に導く。光カー媒質14は正の非線形屈折率を有し、上述したように、制御光パルスが時分割多重信号光パルス列の相互位相変調により光周波数シフトを受ける。そして、制御光パルスの光周波数 $\nu_1$ 、 $\nu_2$ 、 $\nu_3$ 、…、 $\nu_N$ を中心とする光スペクトル成分が、低次群信号チャンネル#1、#2、#3、…、#Nによってそれぞれ強度変調される。

【0038】光カー媒質14を通過した制御光パルスは光分波器15に入力され、光周波数 $\nu_1$ 、 $\nu_2$ 、 $\nu_3$ 、…、 $\nu_N$ 近傍が分波され、それぞれ対応する出力ポートに分離して出力される。なお、同時に、光周波数 $\nu_s$ の時分割多重信号光パルス列を出力してもよい。

【0039】図7は、本発明の全光型時分割光パルス分離回路における時分割多重信号光パルス列と制御光パルスの時間軸上での位置関係を示す。ここで、時分割多重信号光パルス列（光周波数 $\nu_s$ ）は、“011…1”、“110…1”、“101…1”とする。チャンネル#1（光周波数 $\nu_1$ ）の低次群信号チャンネルは“011…”として分離され、以下同様に分離される。

【0040】図8は、1入力N出力の光分波器15の構成例を示す。(a)に示す光分波器は、入力光をN分岐する光分岐器21と、透過光周波数が $\nu_1$ 、 $\nu_2$ 、…、 $\nu_N$ の光バンドパスフィルタ22-1～22-Nにより構成される。

【0041】(b)に示す光分波器は、反射型回折格子23により構成される。(c)に示す光分波器は、アレイ導波路回折格子24により構成される。アレイ導波路回折格子24は、入力用導波路25、スラブ導波路26、アレイ導波路（接する導波路が $\Delta L$ の光路長差を有する）27、スラブ導波路28、出力用導波路アレイ29により構成される。入力用導波路25からスラブ導波路26を介してアレイ導波路27に分配された光は、光周波数の違いによりアレイ導波路27の通過後の位相状態が異なり、スラブ導波路28における収束位置が光周波数に応じて異なる。したがって、出力用導波路アレイ29の各導波路には異なる光周波数の光が取り出され、光分波器として機能する。

【0042】図9は、線形チャーピングを有する制御光パルス列を発生する制御光源13の第1の構成例を示す。本制御光源は、白色パルス発生用光ファイバ31、チャープ調整手段32、波長可変バンドパス光フィルタ33を接続して構成される。白色パルス発生用光ファイバ31に短光パルス（光周波数 $\nu$ 。）を入射すると、広帯域の白色パルス（中心光周波数 $\nu$ 。）が発生する。例えば2～3Wのピークパワーを有する数ピコ秒程度の短光パルスを長さ1kmの白色パルス発生用光ファイバ31に入射すると、スペクトル幅約200nm以上の白色パ



ルスが発生する。

【0043】波長可変バンドパス光フィルタ33は矩形のスペクトル透過関数を有し、チャープ調整手段32を介して入力される白色パルスに分波すると、広い時間幅と線形チャーピングを有する制御光パルス列が出力される。また、白色パルス波長範囲で中心透過波長を変化させることにより、任意の光周波数で線形チャーピングを有する制御光パルス列を生成することができる。チャープ調整手段32は、その分散特性によってチャーピングの絶対値および符号を調節する。例えば、チャープ調整手段32として1.3μm零分散ファイバを用いると、1.55μm帯ではほぼ一定の異常分散値を有するので、線形のダウンチャーピングを有する制御光パルスが得られる。

【0044】図10は、線形チャーピングを有する制御光パルス列を発生する制御光源13の第2の構成例を示す。本制御光源は、正常分散を有する正常分散光ファイバ34を用いる。正常分散光ファイバ34に短光パルス（光周波数 $\nu_0$ ）を入射すると、その自己位相変調効果と分散による複合効果により、広い時間幅と線形アップチャーピングを有する制御光パルスが発生する。線形のダウンチャーピングを有する制御光パルスを得るには、第1の構成例と同様にチャープ調整手段32の例として、1.3μm零分散ファイバを用いればよい。

【0045】また、第3の制御光源として、図22に示す構成例を示す。本例では、制御光として、電界吸収型（EA）変調器をモノリシックに集積したファブリーペロ共振器型の能動モード同期半導体レーザ50を用い、これにチャープ調整手段32が接続される。上記のレーザ50は、通常10nm程度の広いスペクトル幅を有しており、チャープ調整手段32によりチャープを調整することにより、本発明における制御光源として用いることができる。図22の本構成例のように、制御光源として半導体レーザを使用することにより、制御光源をコンパクトにすることができるという効果を得る。線形のダウンチャーピングを有する制御光パルスを得るには、第1および第2の構成例と同様にチャープ調整手段32の例として、1.3μm零分散ファイバを用いればよい。

【0046】ここで、チャープ調整手段32の他の構成例として、図23を示す。本構成例では、光サーキュレータ53およびチャープファイバグレーディング52を用いる。ファイバグレーディングとは、GeO<sub>2</sub>を添加した石英光ファイバに紫外線を照射すると、屈折率が増加する現象（光誘起屈折率変化）を利用して、光ファイバのコア部の屈折率を周期的に変化させて、その周期に対応した波長であるブラッグ波長の光を選択的に反射させる光デバイスである。

【0047】さらに、チャープファイバグレーディングとは、このグレーディング周期をファイバの長手方向に

徐々に変化させたもので、反射位置が波長に依存する。すなわち、分散物質として作用する。図23において、制御光は光サーキュレータのポート54から入力されて、ポート55から出力された後、チャープファイバグレーディング52に入力される。制御光は、チャープファイバグレーディング52の反射位置の波長依存性により、チャープが付加されてチャープファイバグレーディングから出力されて、再び光サーキュレータ53のポート55より入力されて、ポート56より出力される。

【0048】正の非線形屈折率を有する光カー媒質14としては、石英系光ファイバ、As、S等のカルコゲン元素を主成分とするカルコゲナイドガラス、半導体レーザ増幅器等を用いればよい。また、負の非線形屈折率を有する光カー媒質14としては、 $\pi$ 共役系の有機材料、II-V族およびII-VI族化合物半導体等を用いればよい。

【0049】なお、光ファイバを用いる場合、光ファイバのもつ群速度分散は、波長の異なる信号光パルスと制御光パルスの間にウォークオフと呼ばれる群遅延差を生じさせ、チャネル間クロストークの原因となる。これを回避するためには、群遅延特性を2次曲線で近似できる零分散波長近傍の波長帯において、信号光パルスと制御光パルスの中心波長を光ファイバの零分散波長を挟んで対称の波長に設定し、ウォークオフ量を0とすることが望ましい。

【0050】図11は、本発明の全光型時分割光パルス分離回路の数値計算によるシミュレーション結果を示す。光カー媒質として零分散波長1547nm、長さ1kmの分散シフトファイバを想定した。信号光パルスおよび制御光パルスの中心波長は零分散波長を挟んで対称となるようにそれぞれ1555nm、1539nmとした。信号光パルスはパルス幅4ps、ピークパワー200mWのガウシアン型パルス、制御光パルスはパルス幅50ps、スペクトル半値幅12nmのダウンチャープガウシアン型光パルスとした。

【0051】図11(a)は、時分割多重信号光パルス列がパターン“11111”の時の信号光パルスと制御光パルスの時間波形を示す。図11(b)は、光カー媒質伝搬後の制御光パルスのスペクトル強度を示す。信号光パターンに対応して5つのピークが見られる。(a),(b)中に示した矢印は、信号光パルスとそれによって変調を受けた対応する制御光パルスのスペクトル成分である。

【0052】図11(c)は、時分割多重信号光パルス列がパターン“11101”の時の信号光パルスと制御光パルスの時間波形を示す。図11(d)は、光カー媒質伝搬後の制御光パルスのスペクトル強度を示す。信号光パターンに対応して4つのピークが見られる。(c),(d)中に示した矢印は、信号光パルスとそれによって変調を受けた対応する制御光パルスのスペクトル成分である。

【0053】図12は、時分割多重信号光パルス列がパターン“11101”において、光カー媒質伝搬後の制

御光パルスの時間分解分光スペクトルをスペクトル強度による等高線グラフを用いて描いたものである。図中、点線矢印によって示した時間および光周波数は、それぞれ図 11 (c), (d) の中で示した矢印の時間および光周波数に対応している。以上示したように、信号光パルスの有無によって時間軸上で重なる制御光パルスのスペクトル成分が強度変調を受けていることがわかる。

【0054】(全光型時分割光パルス分離回路の第2の実施形態) 本発明で用いている非線形光学効果である相互位相変調による周波数シフト量は信号光と制御光の相対的な偏波状態に依存する。従って、線形チャープした制御光パルスを相互位相変調を利用して、信号光パルスと時間軸上で重なる制御光パルスの周波数成分を増幅させる本発明の動作は入力信号光の偏波状態に依存する。

【0055】また、一般に光ファイバ伝送路を伝搬してきた信号光の偏波状態はランダムに変化する。そこで、第2の実施形態では、信号光の偏波状態のランダムな変化に対して、動作が影響を受けない偏波無依存構成例を示す。図 27 にその構成を示してある。ここにおいて、図 1 と構成上、同じものは再説を割愛する。本実施形態では、光合波器 12 の出力は、2つの複屈折性光カー媒質 19 の間に偏波分散補償手段 18 を配してある。

【0056】本実施形態において、任意の偏波状態を有する入力信号光は、複屈折性光カー媒質 19 に入射され、直交する主軸方向を有する2つの直線偏波に分離し、その偏波状態を保持しながら複屈折性光カー媒質 19 中を伝播する。ここで、入力信号光の両主軸成分へのパワー分配比は複屈折性光カー媒質 19 への入射時の偏波状態に依存する。一方、制御光は、両主軸成分へのパワー分配比は1:1となるように光カー媒質に入射される。これは、例えば制御光の複屈折性光カー媒質 19 への入射偏波状態を複屈折性光カー媒質 19 の一方の主軸方向に対して45度の傾きを有する直線偏波とすることにより実現できる。

【0057】複屈折性光カー媒質 19 中を伝搬する際、上述のように制御光は両主軸において独立に、信号光より相互位相変調によるチャープ補償を受け、対応する制御光のスペクトル成分のパワーが増大する。この時、チャープ補償によるスペクトル成分のパワー増大率は信号光のパワーに比例する。従って、複屈折性光カー媒質 19 の両主軸より出射される2つの制御光パワーの和に対するチャープ補償によるスペクトル成分のパワー増大率は、信号光の両主軸へのパワー分配比に依存しない。すなわち、入力信号光の複屈折性光カー媒質への入射時の偏波状態に依存しない。

【0058】また、光カー媒質はその中間点にて、速い軸と遅い軸を入れ替える偏波分散補償手段 18 が挿入されるので、2軸における光路長は等しくなり、2つの偏波成分の時間軸上でずれは補償される。偏波分散補償手段 18 の例は、上述した、図 24 ~ 図 26 に示してあ

る。従って、本構成により動作帯域を犠牲にすることなく入力信号光の偏波に依存しない動作を実現することができる。

【0059】なお、制御光の複屈折性光カー媒質 19 への入射時の偏波状態は、上記の他に、円偏波、または、長軸あるいは短軸方向が複屈折性光カー媒質 19 の一方の主軸方向に対して45度の傾きを有する楕円偏波でもよい。また、複屈折性光カー媒質 19 において両主軸間で伝播損失、非線形屈折率が異なる場合は、制御光の複屈折性光カー媒質 19 の両主軸成分へのパワー分配比を調節することにより、偏波無依存動作が可能となる。

【0060】さらに、偏波分散補償手段 18 を挟んだ2つの複屈折性光カー媒質 19 について、製造時における各種条件のばらつき等、何らかの理由により偏波状態が異なる場合、両者は、必ずしも等長ではなく、全体として偏波分散が補償されるようにそれぞれの長さを調節すればよい。また、全体として偏波分散が補償できていれば、長さの異なる複屈折性光カー媒質 19 の数および偏波分散補償手段の数に対する制限は特にない。ただし、挿入損失、構成の単純性などの観点から、本実施形態の構成が望ましい。

【0061】信号光の入力偏波依存性を回避する別の観点に立脚した構成例を以下に示す。すなわち、光カー媒質として上述のような複屈折性を有する媒質ではなく、等方性の光カー媒質を用いる。従って、偏波分散補償手段 18 は不要である。本発明で利用している相互位相変調の効率は、上述のように信号光と制御光の偏波状態に依存し、両者が直線偏波でかつその方向が互いに直交する時、最悪で3分の1となる。つまり0(零)となることはない。従って、多少の感度劣化を許容した最悪値設計を施すことにより、分離後の信号光の受光感度は入力信号光の偏波状態に対して無依存化することができる。

【0062】(全光型時分割光パルス分離回路の第3の実施形態) 本発明の全光型時分割光パルス分離回路は、図 4 または図 6 に示すように、信号光パルスの相互位相変調による制御光パルスの光周波数シフトを利用しているので、強度変調のオン/オフ消光比は数 dB 程度である。一般に、 $\text{LiNbO}_3$  の電気光学効果を用いたマッハツェンダ干渉計型光外部変調器のオン/オフ消光比は 25 dB 程度であるので、本発明のものでは分離した信号光パルスを識別する際の識別余裕あるいは位相余裕が低下する。そこで、第2の実施形態では、各チャンネルごとに分離した信号光パルスのオン/オフ消光比の改善例を示す。

【0063】図 13 は、本発明の全光型時分割光パルス分離回路の第3の実施形態の構成を示す。本実施形態の特徴は、図 1 に示す第1の実施形態の構成において、光分波器 15 の各出力ポートに、可飽和吸収体等を用いたオン/オフ消光比改善手段 (SA) 16 を接続するところにある。可飽和吸収体としては、たとえば非線形ルー

10

20

30

40

50

ブミラー、GaAs等のバルクまたは多重量子井戸構造を有する半導体材料、CdS、Se等の半導体微粒子を含む光学ガラスを部分透明ミラーで挟んだ非線形エタロン、さらに多重量子井戸中の励起子のシュタルク効果を用いた光双安定素子、双安定半導体レーザ、非線形方向性結合器などを用いることができる。

【0064】（全光型時分割光パルス分離回路の第4の実施形態）本発明の光時分割分離回路はTDM信号をWDM信号へ変換する際、制御光のチャープ補償を用いている。変換されたWDM信号において、ONレベルはチャープ補償による増幅利得によりパワーが増大しているが、OFFレベルは信号光より非線形相互作用を受けないためチャープ補償は起こらず制御光のもののレベルとなっている。従って、このWDM信号光を分波して得られる時分割分離信号光はON-OFF比が小さいという欠点がある。

【0065】しかしながら、図28に示す光-電気変換した時分割分離信号の電力スペクトルにおいて、OFF成分のほとんどのエネルギーは時分割分離信号の繰り返し周波数を有する輝線スペクトルに集中する。これを図示したのが図28であり、この図中の周波数 $f_0$ が繰り返し周波数である。従って、この周波数成分を抑圧する低域通過フィルタまたは帯域阻止フィルタを挿入することにより電気領域において時分割分離信号のON-OFF比の改善ができる。

【0066】（全光型TDM-WDM変換回路の第1の実施形態）図14は、本発明の全光型TDM-WDM変換回路の第1の実施形態の構成を示す。

【0067】本実施形態の特徴は、図1に示す全光型時分割光パルス分離回路の第1の実施形態の構成において、光カー媒質14を通過した制御光パルスから光周波数 $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \dots, \nu_N$ 近傍を分波し、各出力ポートに分離して出力する光分波器15に代えて、分波した制御光パルスを1つの出力ポートに合波して出力する光分波器17を用いる構成にある。光分波器17から出力される制御光パルスは、光周波数 $\nu_s$ の時分割多重信号光パルス列の各低次群信号チャンネルが、光周波数 $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \dots, \nu_N$ で置き換えられた波長分割多重信号光パルス列として出力される。

【0068】図15は、光分波器17の第1の構成例を示す。(a)に示す光分波器は、入力光をN分岐する光分岐器21と、透過光周波数が $\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_N$ の光バンドパスフィルタ22-1~22-Nと、各光バンドパスフィルタの出力光を合波する光結合器41により構成される。

【0069】(b)に示す光分波器は、図8(c)に示すアレイ導波路回折格子24を2つ用いて縦続に接続した構成である。すなわち、アレイ導波路回折格子24-1で光周波数 $\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_N$ の制御光パルスが分波され、さらにアレイ導波路回折格子24-2でそれらが合波さ

れて1つの出力ポートから出力される。

【0070】図16は、本発明の全光型TDM-WDM変換回路における時分割多重信号光パルス列と制御光パルスの時間軸上での位置関係を示す。ここで、時分割多重信号光パルス列（光周波数 $\nu_s$ ）は、“011...1”、“110...1”、“101...1”とする。時分割多重信号光パルス列の各低次群信号チャンネルは、それぞれ光周波数 $\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_N$ に変換され、波長分割多重信号光パルス列として出力される。

【0071】（全光型TDM-WDM変換回路の第2の実施形態）図29は、本発明による全光型TDM-WDM変換回路の第2の実施形態の構成を示す。本実施形態の特徴は、図29に示す全光型時分割分離回路の第2の実施形態の構成において、複屈折性光カー媒質19を通過した制御光パルスから光周波数 $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \dots, \nu_N$ 近傍を分波し、各出力ポートに分離して出力する全光型TDM-WDM変換回路の第2の実施形態の図1中の光分波器15に代えて、分波した制御光パルスを1つの出力ポートに合波して出力する光分波器17を用いる構成にある。また、偏波分散補償手段の例としては、上述した図24~図26に示したものがある。すなわち、本実施形態によると、その動作が入力信号光の偏波状態に影響を受けない全光型TDM-WDM変換回路を実現することができる。

【0072】（全光型TDM-WDM変換回路の第3の実施形態）全光型TDM-WDM変換回路の第3の実施形態は、波長分割多重信号光パルス列の各チャンネルのオン/オフ消光比の改善を行うものである。その全体構成は、図14に示す第1の実施形態と同様である。本実施形態の特徴は、光分波器17の構成にある。

【0073】図17は、光分波器17の第2の構成例を示す。(a)に示す光分波器は、図15(a)に示す光分波器の各光バンドパスフィルタ22-1~22-Nの各出力ポートに、可飽和吸収体等を用いたオン/オフ消光比改善手段(SA)16を接続する。

【0074】(b)に示す光分波器は、アレイ導波路回折格子24-1とアレイ導波路回折格子24-2との間の各ポートに、可飽和吸収体等を用いたオン/オフ消光比改善手段(SA)16を挿入する。

【0075】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の全光型時分割光パルス分離回路は、時分割多重信号光パルス列を構成する低次群信号チャンネルを同時に一括して分離することができる。これにより、光ゲート回路を直列または並列に配置する構成と比較して、制御系クロックと信号光との同期が飛躍的に容易となる。また、本発明により回路構成が大幅に簡略化されることに伴って挿入損の低減を図ることができ、受信系で用いられる時分割多重光パルス分離回路の雑音指数(NF)を小さくすることができる。このことは、システム全体におけるS/Nマー

ジンを増大させ、総伝送距離、伝送システムの信頼性向上等の効果を生じさせる。

【0076】また、本発明の全光型時分割光パルス分離回路では、時分割多重信号光パルス列をN個の低次群信号チャンネルに分離すると同時に、チャーピングした制御光パルスの各波長に変換される。したがって、低次群信号チャンネルを分離せずに出力することにより、全光型TDM-WDM変換回路として機能させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の全光型時分割光パルス分離回路の第1の実施形態の構成を示す図。

【図2】 信号光パルスと制御光パルスの時間軸上での位置関係を示す図。

【図3】 ガウシアン型光パルスの相互位相変調により制御光パルスに誘起される光周波数シフトを説明する図。

【図4】 制御光パルスの時間分解分光スペクトルおよび光スペクトル強度分布を示す図。

【図5】 時分割多重信号光パルス列“11101”と制御光パルスの時間軸上での位置関係を示す図。

【図6】 制御光パルスの時間分解分光スペクトルおよび光スペクトル強度分布を示す図。

【図7】 本発明の全光型時分割光パルス分離回路における時分割多重信号光パルス列と制御光パルスの時間軸上での位置関係を示す図。

【図8】 1入力N出力の光分波器15の構成例を示す図。

【図9】 線形チャーピングを有する制御光パルス列を発生する制御光源13の第1の構成例を示す図。

【図10】 線形チャーピングを有する制御光パルス列を発生する制御光源13の第2の構成例を示す図。

【図11】 本発明の全光型時分割光パルス分離回路の数値計算によるシミュレーション結果を示す図。

【図12】 本発明の全光型時分割光パルス分離回路の数値計算によるシミュレーション結果を示す図。

【図13】 本発明の全光型時分割光パルス分離回路の第2の実施形態の構成を示す図。

【図14】 本発明の全光型TDM-WDM変換回路の第1の実施形態の構成を示す図。

【図15】 光分波器17の第1の構成例を示す図。

【図16】 本発明の全光型TDM-WDM変換回路における時分割多重信号光パルス列と制御光パルスの時間軸上での位置関係を示す図。

【図17】 光分波器17の第2の構成例を示す図。

【図18】 従来の全光型時分割光パルス分離回路の第

1の構成例を示す図。

【図19】 従来の全光型時分割光パルス分離回路の第1の構成例の動作原理を示す図。

【図20】 従来の全光型時分割光パルス分離回路の第2の構成例を示す図。

【図21】 従来の全光型時分割光パルス分離回路の第3の構成例を示す図。

【図22】 線形チャーピングを有する制御光パルス列を発生する制御光源13の第3の構成例を示す図。

【図23】 チャープ調整手段の構成例を示す図。

【図24】 偏波分散補償手段の構成例を示す図。

【図25】 偏波分散補償手段の構成例を示す図。

【図26】 偏波分散補償手段の構成例を示す図。

【図27】 本発明の全光型時分割光パルス分離回路の第2の実施形態を示す図。

【図28】 光-電気変換した後の時分割分離信号の電力スペクトルを示す図。

【図29】 本発明の全光型TDM-WDM変換回路の第2の実施形態の構成例を示す図。

【符号の説明】

1, 12 光合波器

2, 15, 17 光分波器

3, 14 光カー媒質

4 位相変化

5 光周波数シフト

6 光結合器

7, 13 制御光源

8, 11 光増幅器

9 非線形光学媒質

16 オン/オフ消光比改善手段(SA)

18 偏波分散補償手段

19 複屈折性光カー媒質

21 光分岐器

22-1~22-N 光バンドパスフィルタ

23 反射型回折格子

24 アレイ導波路回折格子

31 白色パルス発生用光ファイバ

32 チャープ調整手段

33 波長可変バンドパス光フィルタ

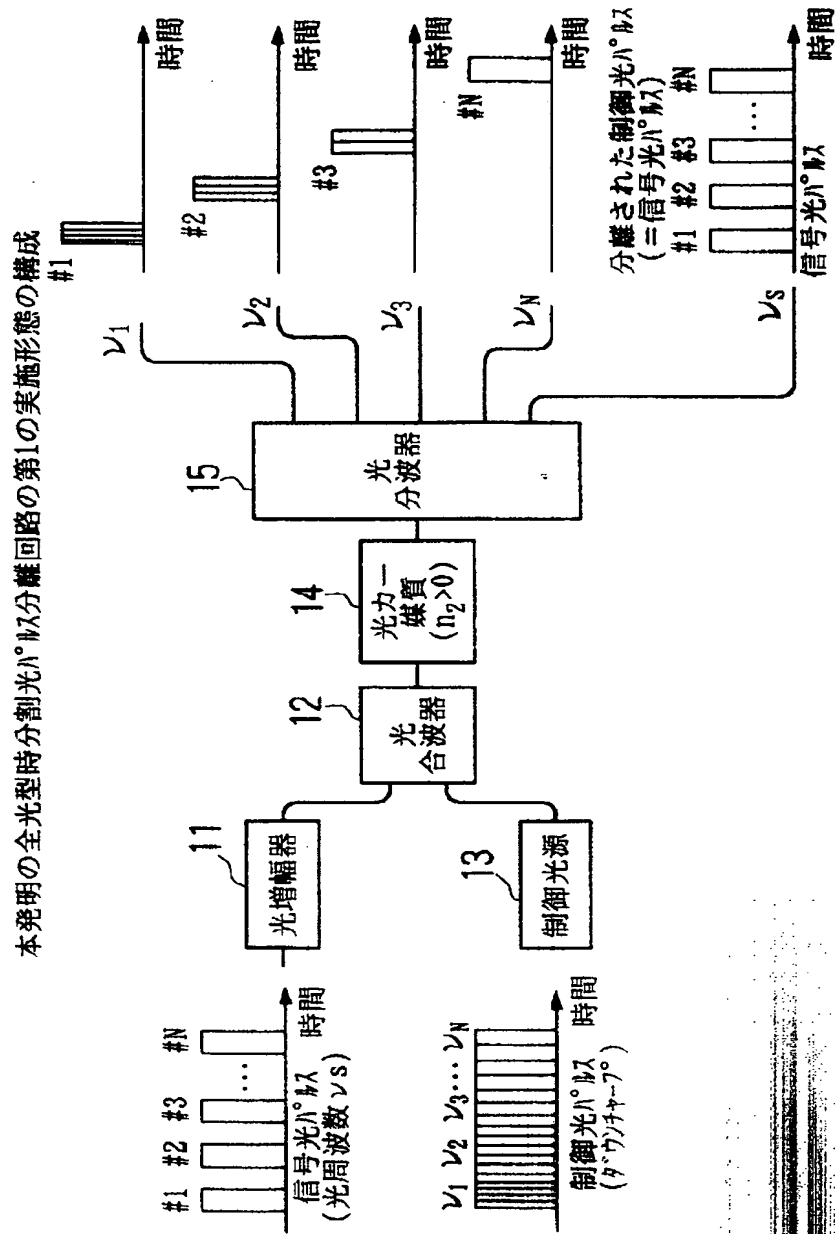
34 正常分散光ファイバ

50 ファブリーペロー共振器型半導体モードロックレーザ

52 チャープファイバグレーティング

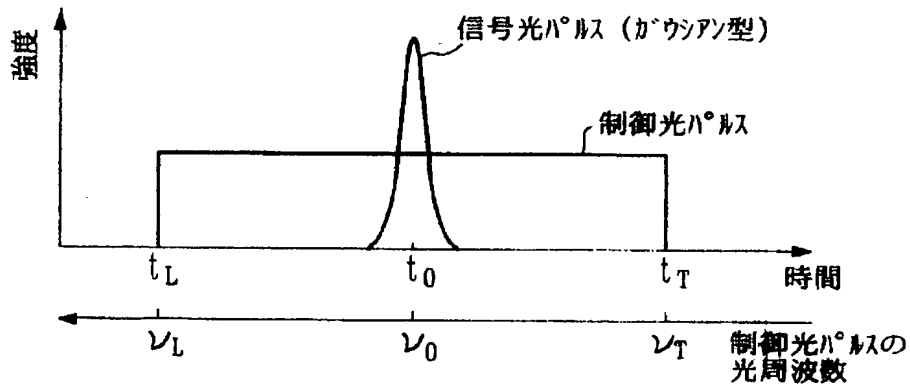
53 光サーキュレータ

【図 1】

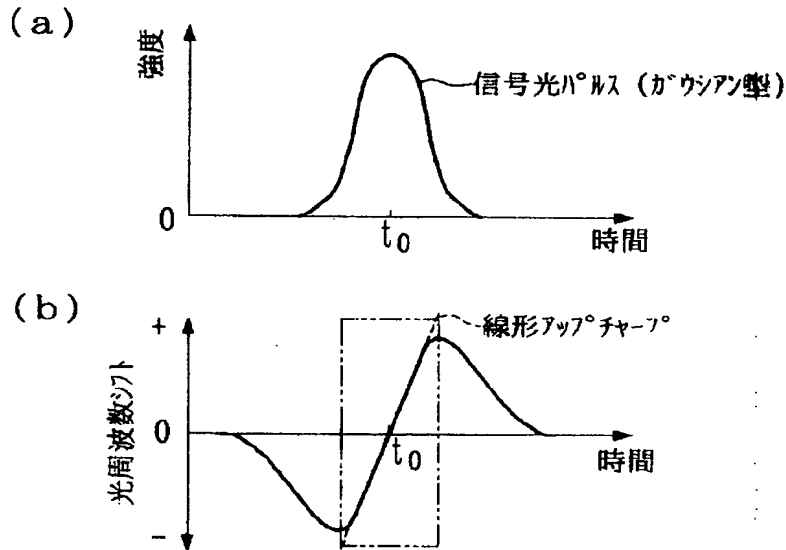


【図2】

信号光パルスと制御光パルスの時間軸上での位置関係

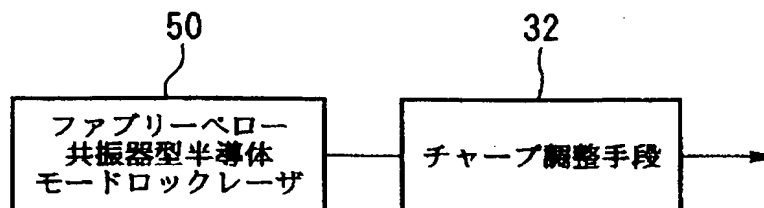


【図3】

ガウシアン型光パルスの相互位相変調により  
制御光パルスに誘起される光周波数シフト

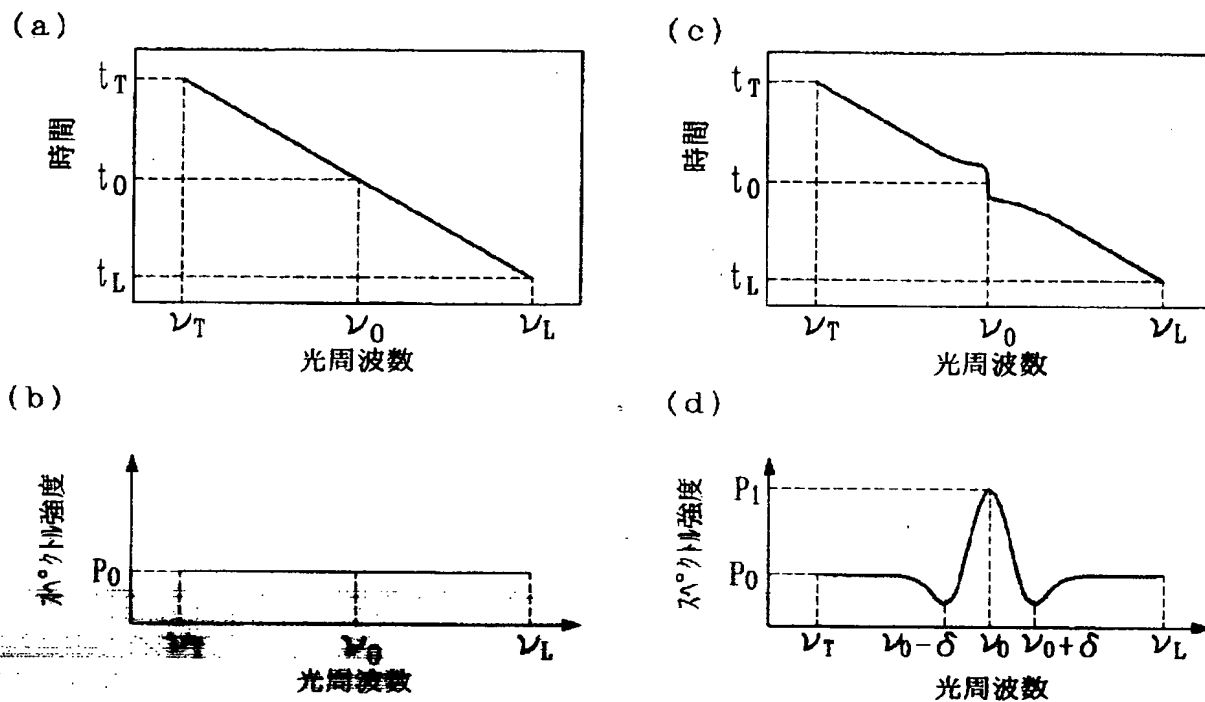
【図22】

制御光源13の構成例



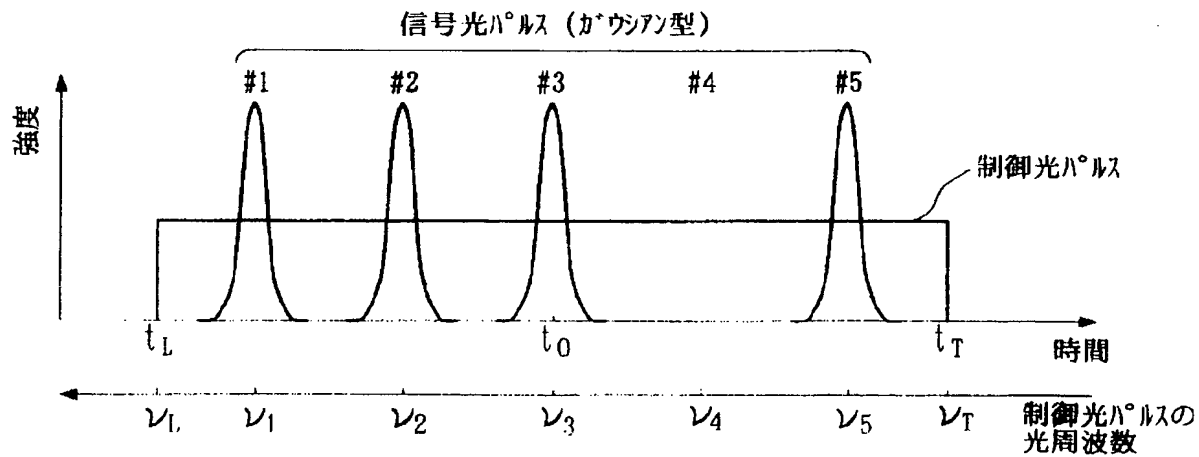
【図4】

制御光パルスの時間分解分光スペクトルおよび光スペクトル強度分布



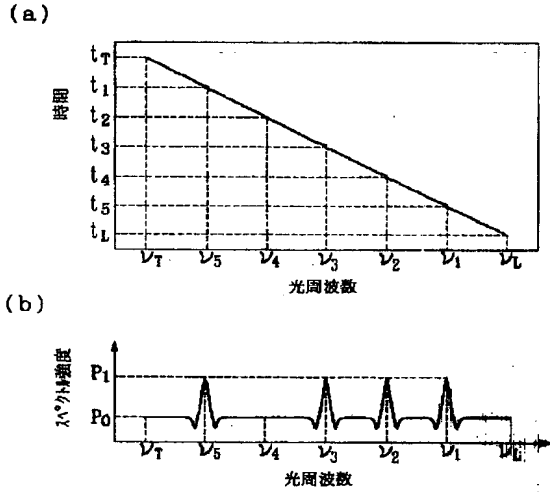
【図5】

時分割多重信号光パルス列 "11101" と制御光パルスの時間軸上での位置関係



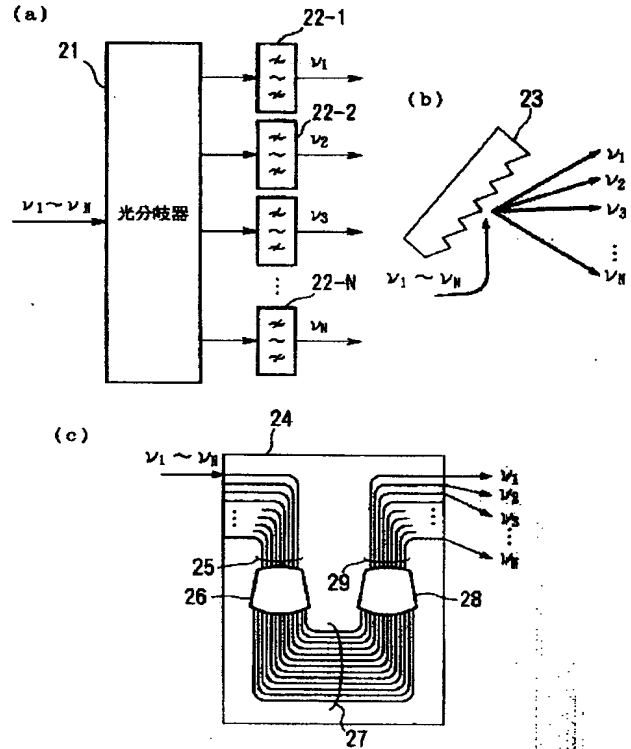
【図6】

制御光パルス列の時間分解分光スペクトルおよび光スペクトル強度分布



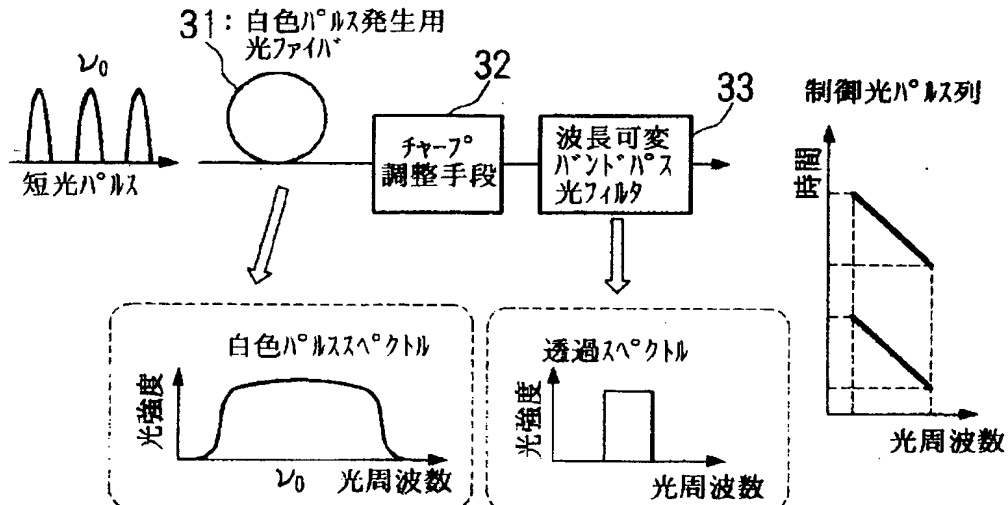
【図8】

1入力N出力の光分波器15の構成例



【図9】

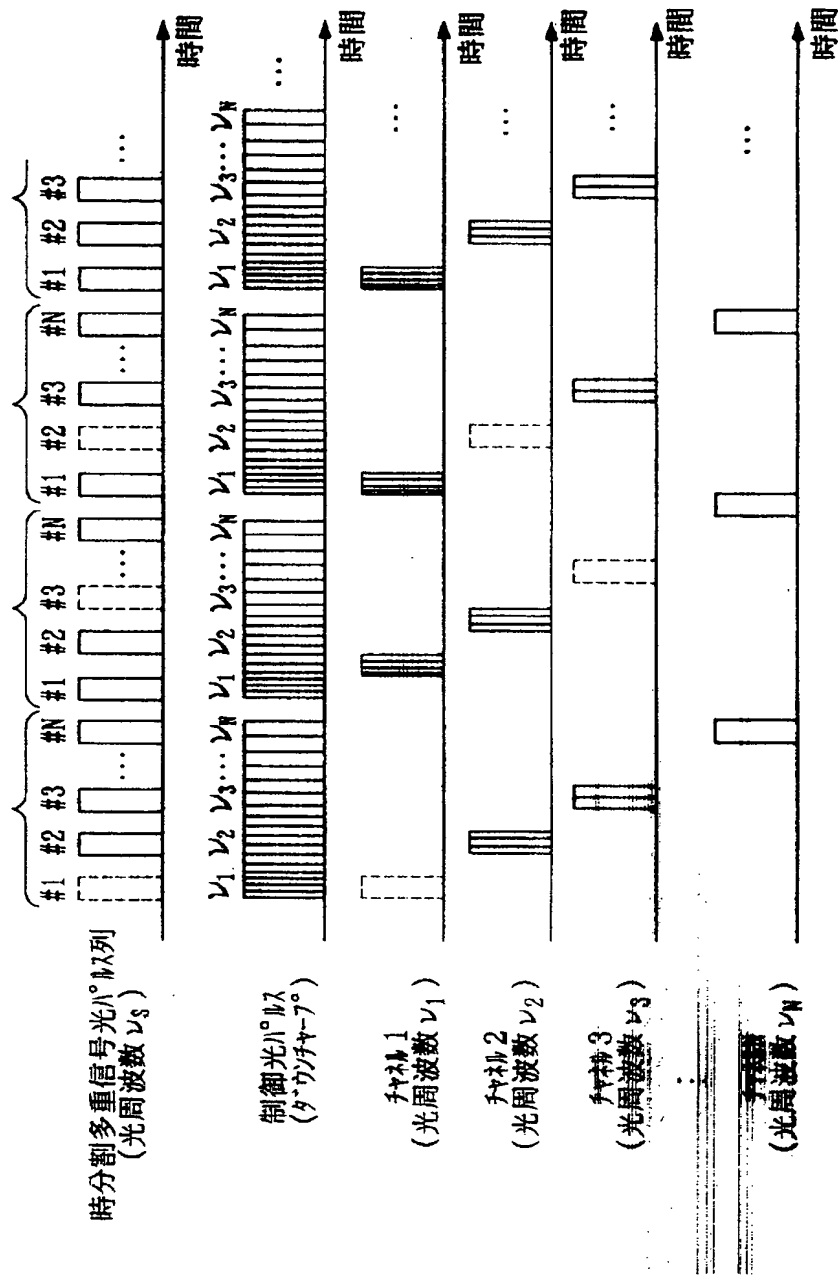
線形チャープ・ソングを有する制御光パルス列を発生する制御光源13の第1の構成例





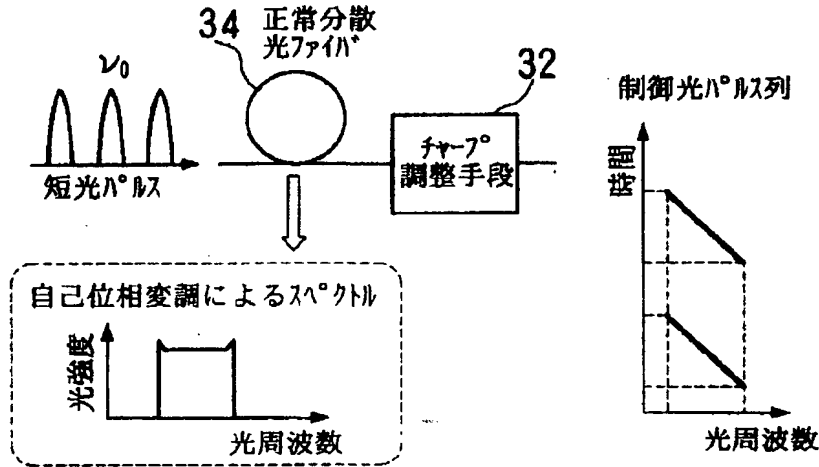
【図7】

本発明の全光型時分割光パルス分離回路における  
時分割多重信号光パルス列と制御光パルスの時間軸上での位置関係



【図10】

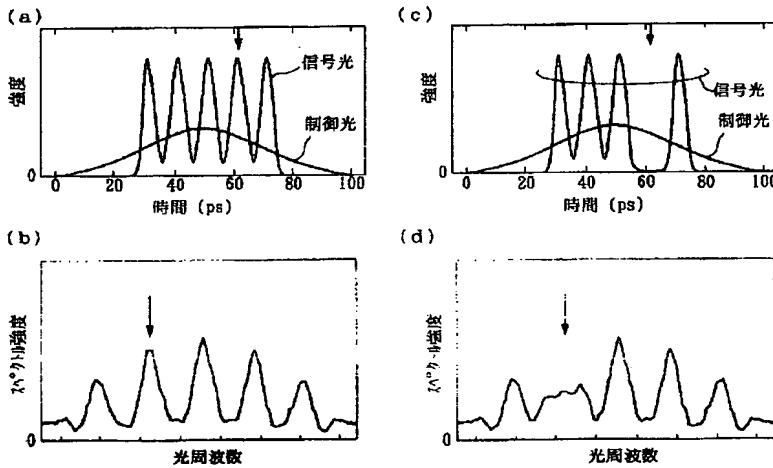
線形チャープソクを有する制御光パルス列を発生する制御光源13の第2の構成例



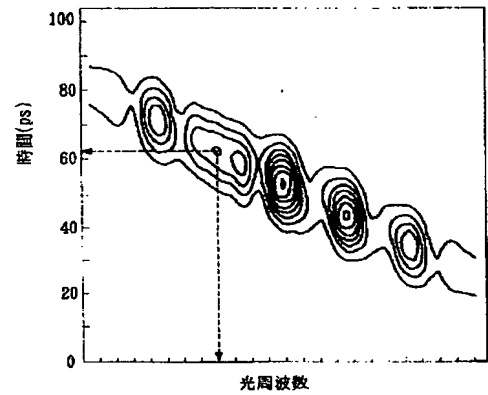
【図11】

【図12】

本発明の全光型時分割光パルス分離回路の数値計算によるシミュレーション結果

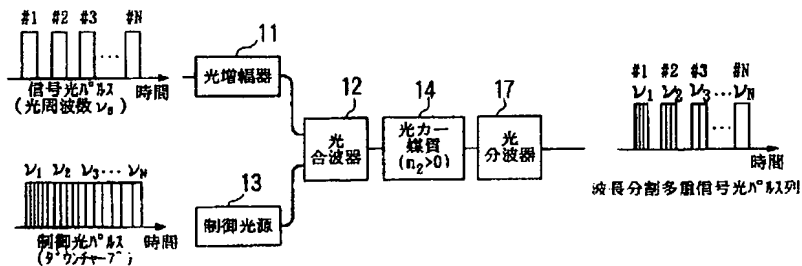


本発明の全光型時分割光パルス分離回路の数値計算によるシミュレーション結果

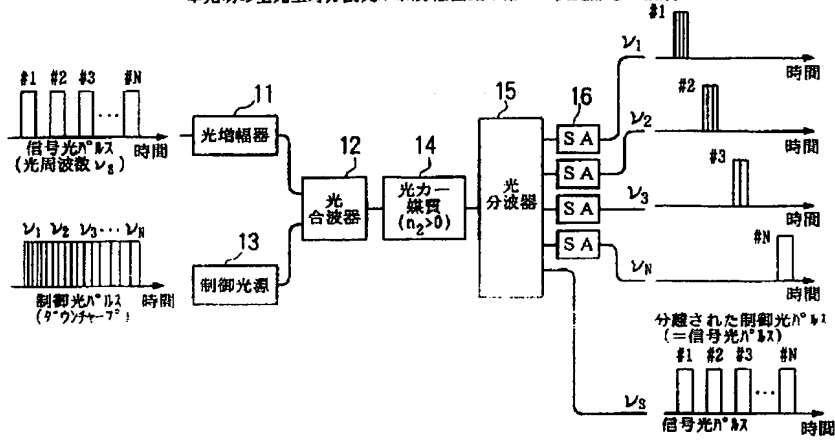


【図14】

本発明の全光型TDM-WDM変換回路の第1の実施形態の構成

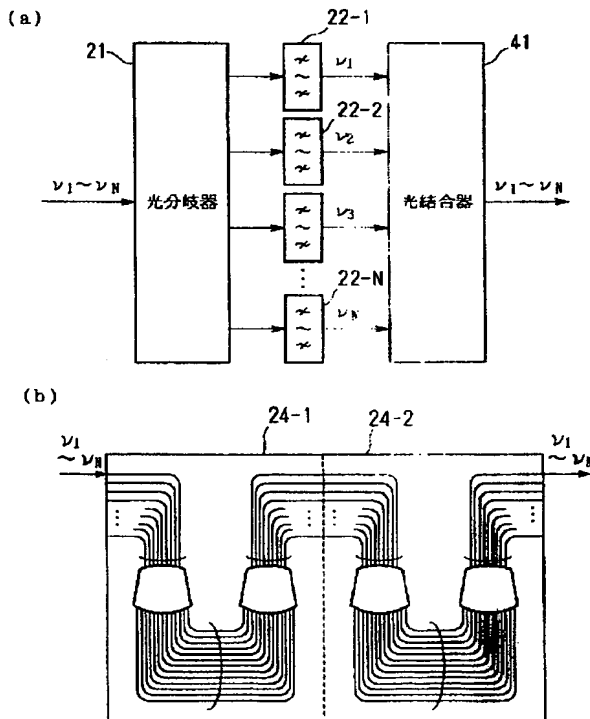


【図 13】

本発明の全光型時分割光 $\lambda$ 分路回路の第2の実施形態の構成

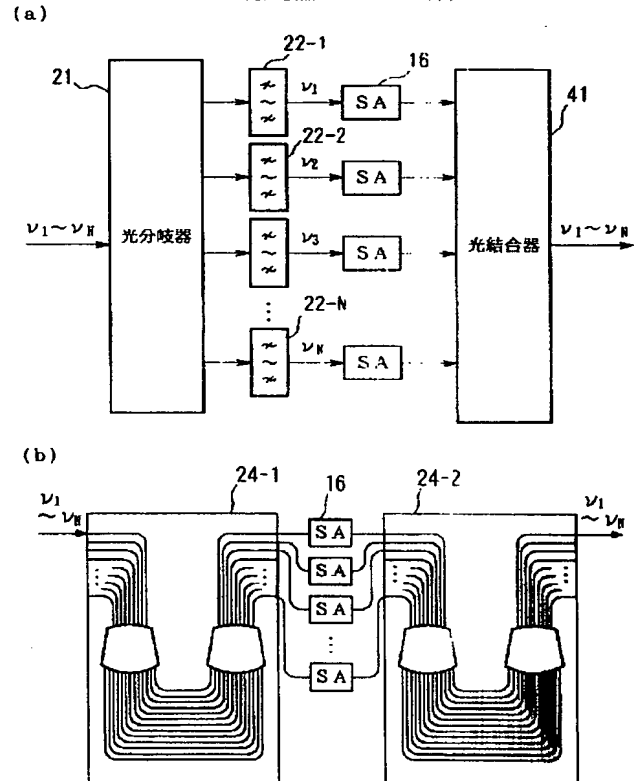
【図 15】

光分波器 17 の第 1 の構成例



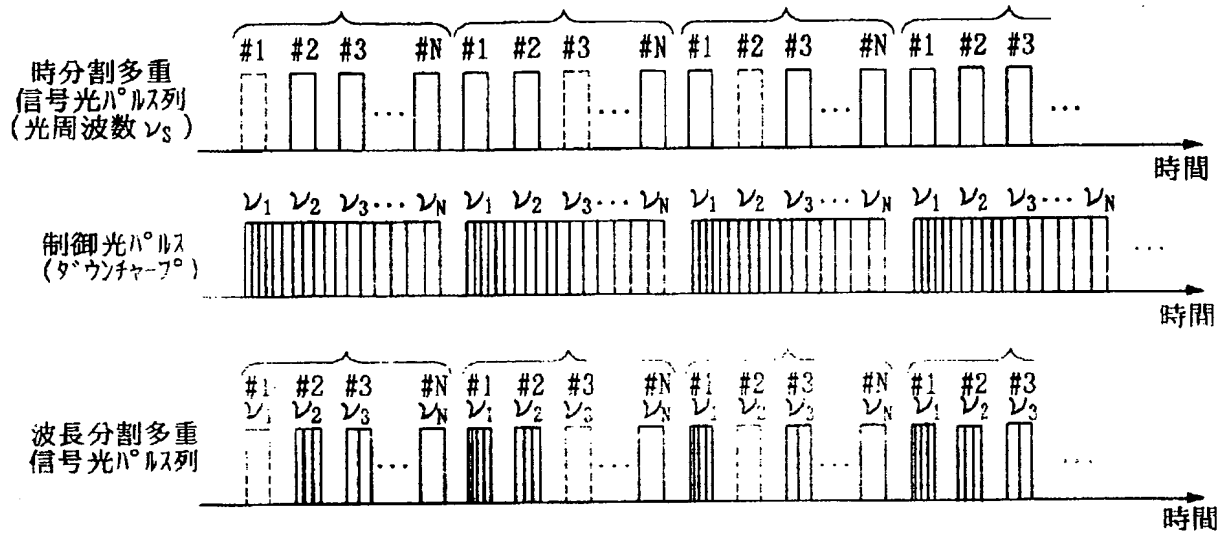
【図 17】

光分波器 17 の第 2 の構成例



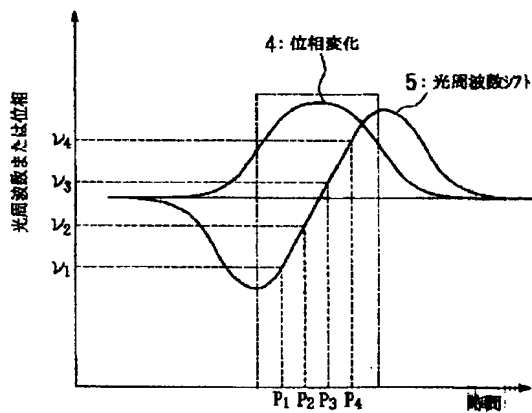
【図16】

本発明の全光型TDM-WDM変換回路における  
時分割多重信号光パルス列と制御光パルスの時間軸上での位置関係



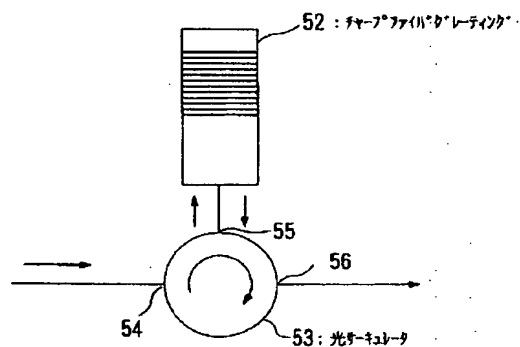
【図19】

従来の全光型時分割光パルス分離回路の  
第1の構成例の動作原理



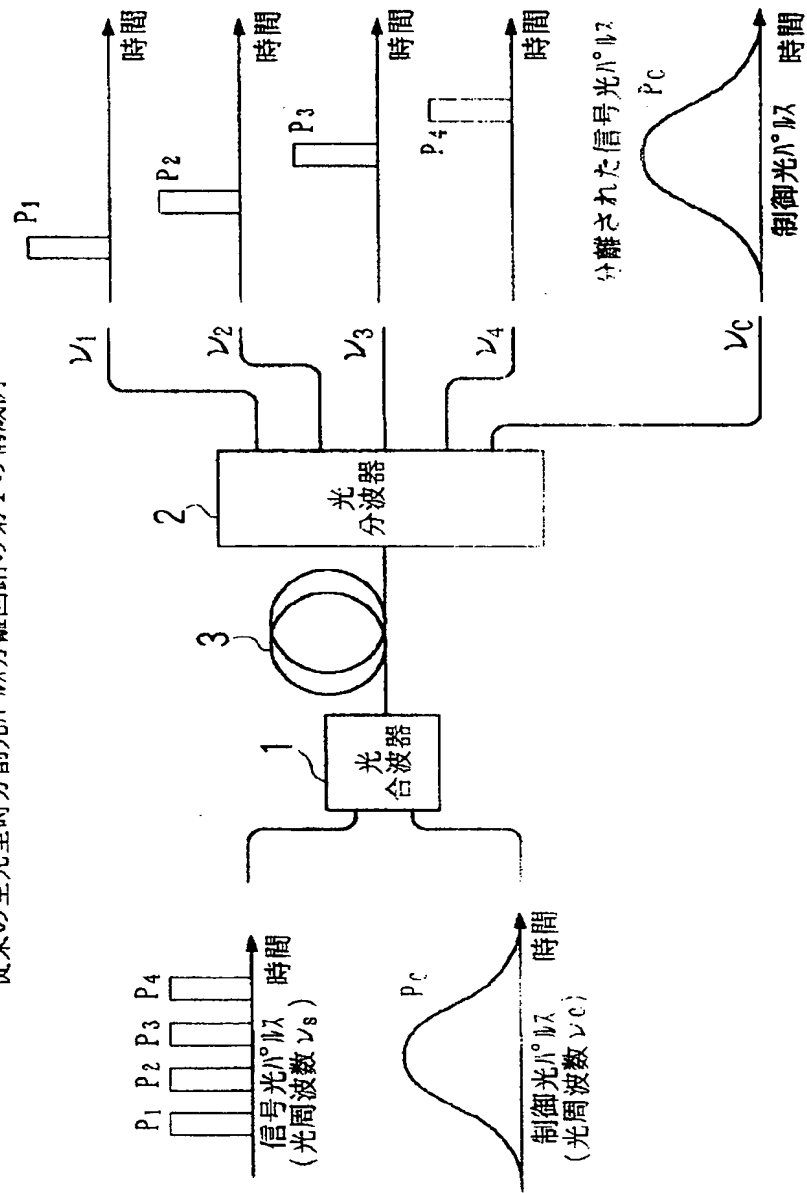
【図23】

チャープ調整手段



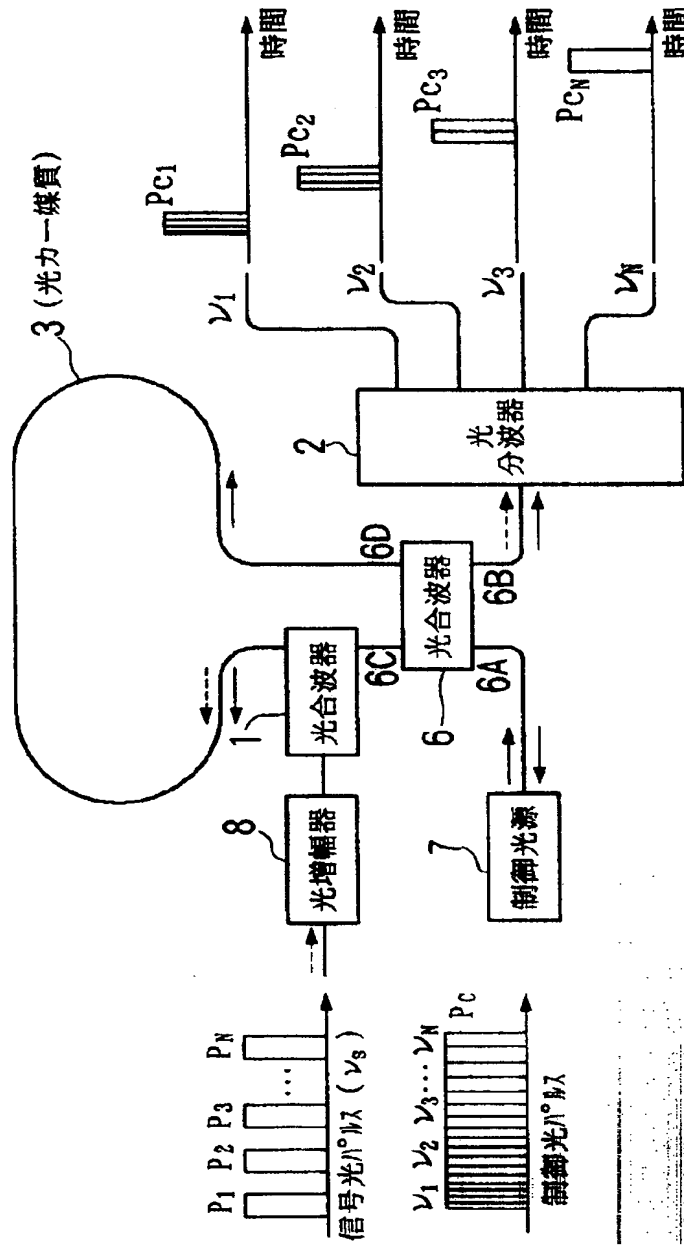
【図18】

従来の全光型時分割光パルス分離回路の第1の構成例



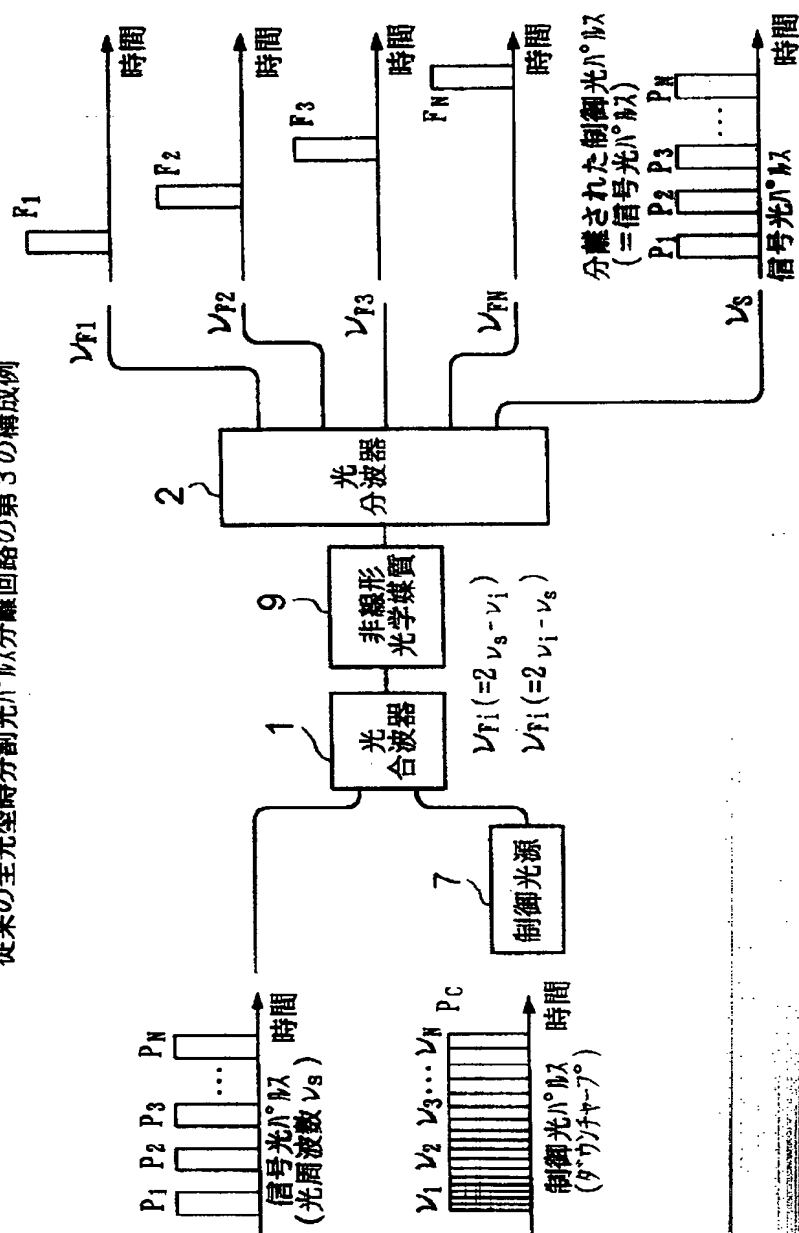
【図20】

従来の全光型時分割光 $\lambda^\circ$ 以分離回路の第2の構成例

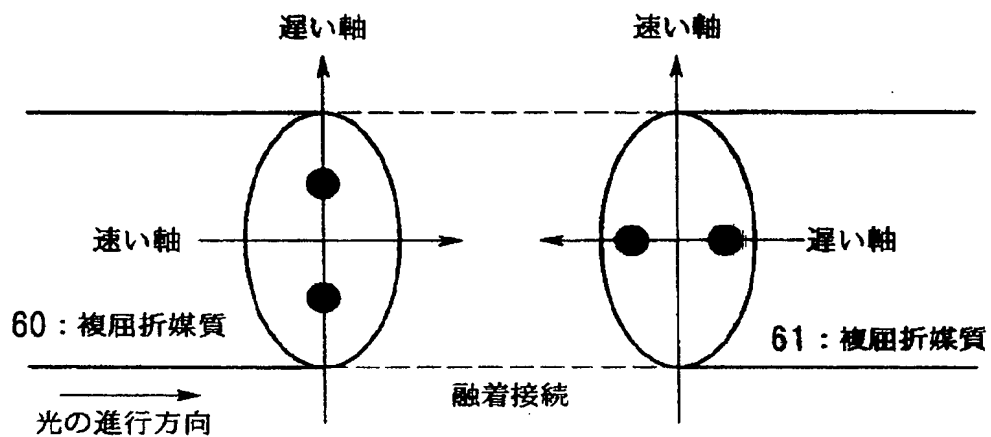


【図 21】

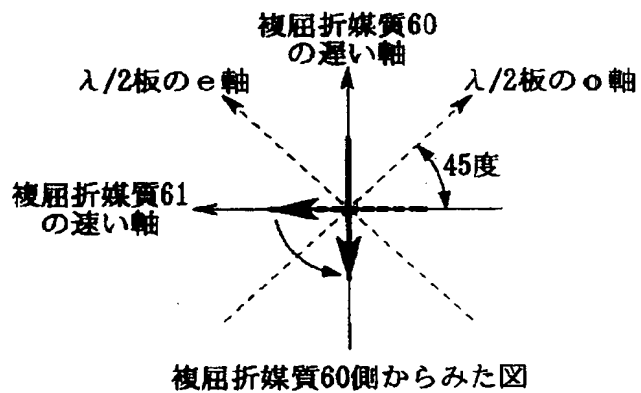
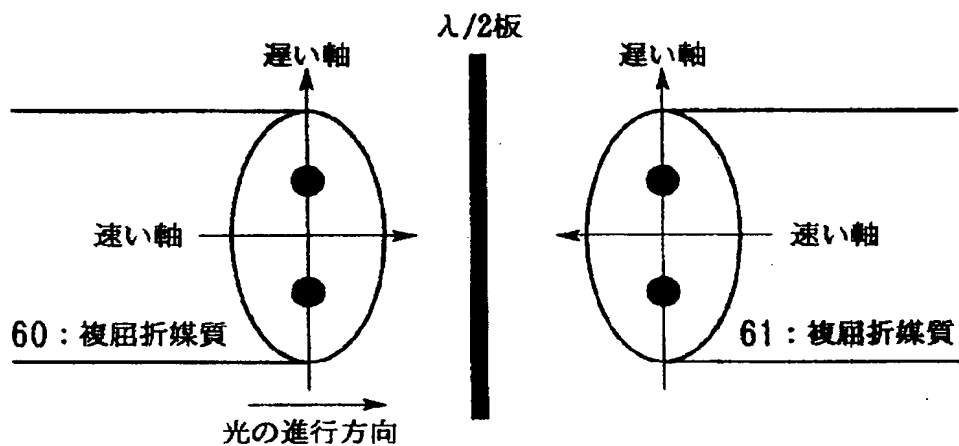
従来の全光型時分割光パルス分離回路の第3の構成例



【図24】

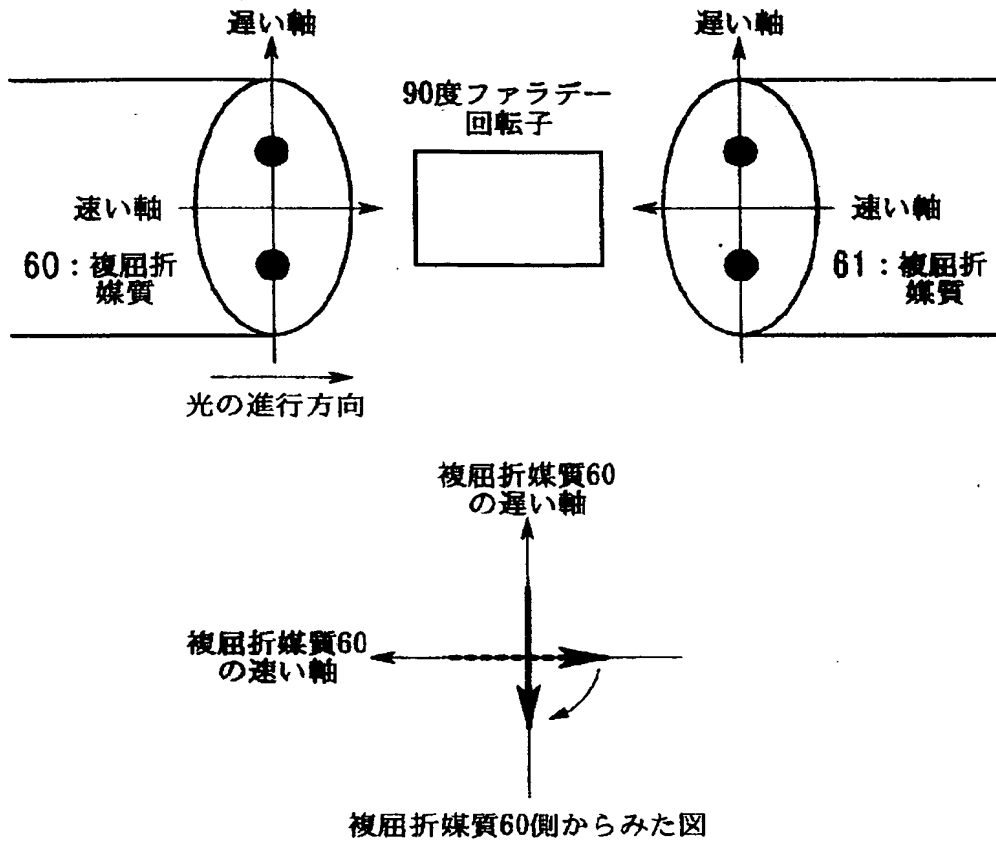


【図25】

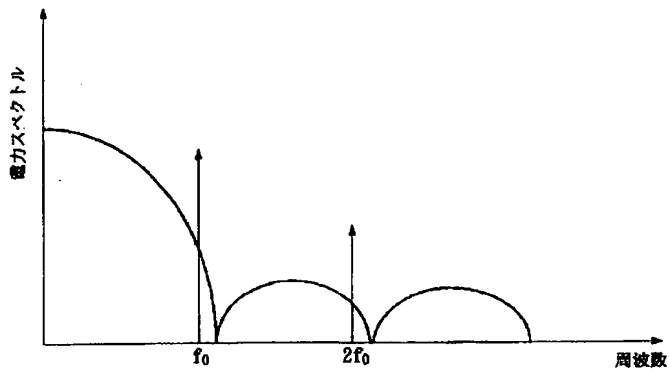




【図26】

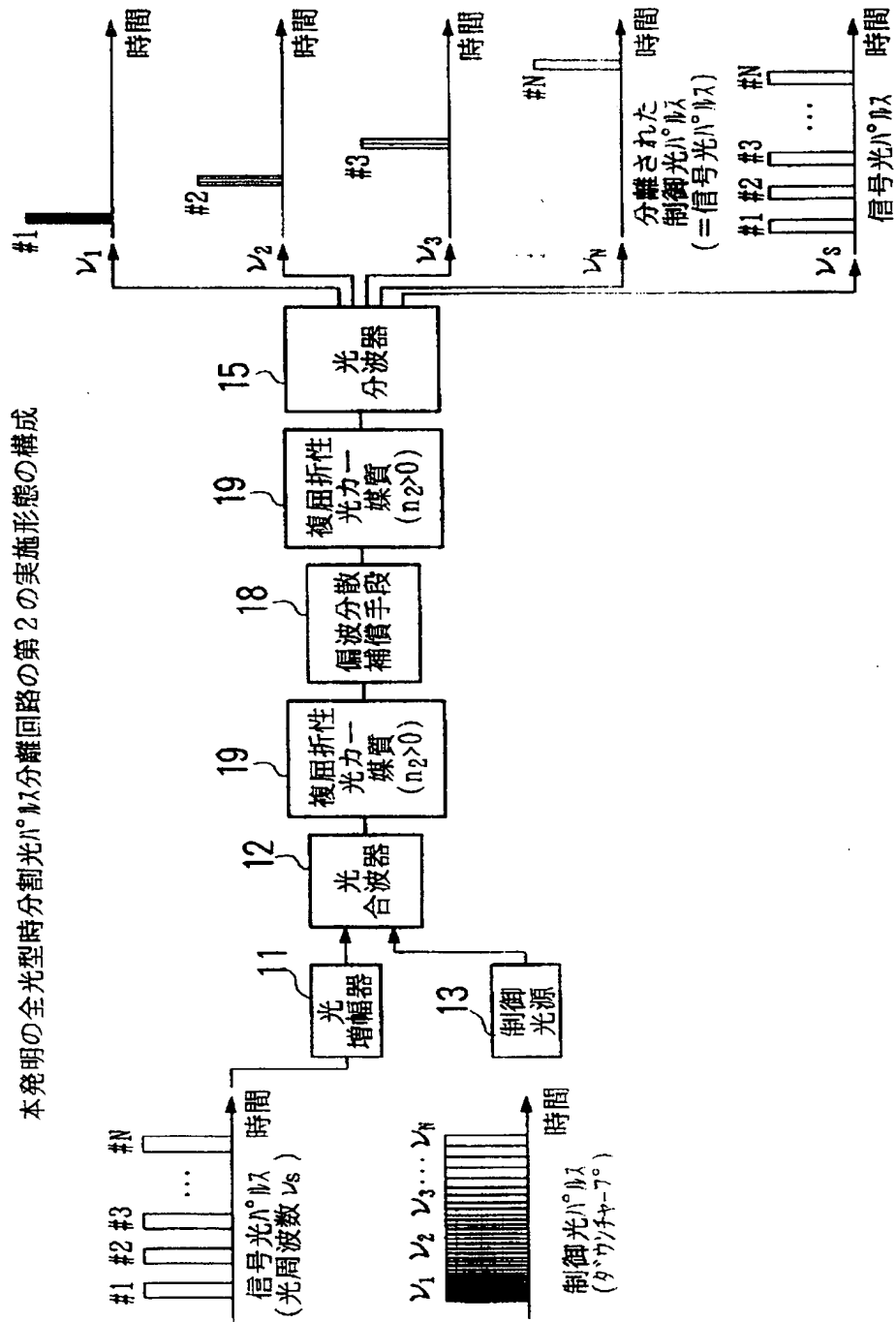


【図28】

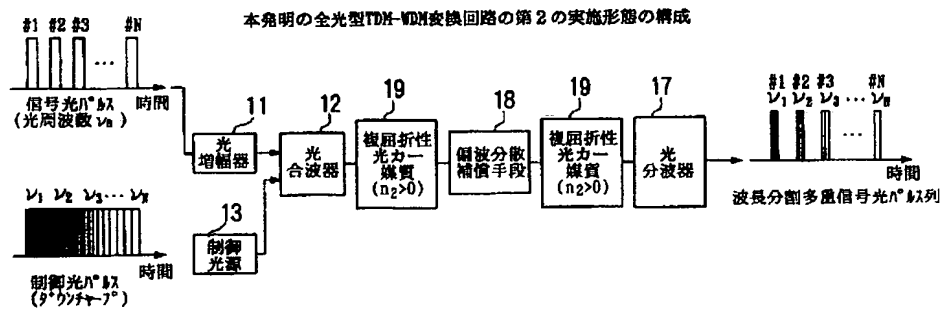


光-電気変換した後の時分割多重信号の電力スペクトル

【図27】



【図 29】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 4 J 14/08

3/00

識別記号

F I